ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL



ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE LAS PROTECCIONES EN BASE A HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES APLICABLE A LA SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN "PUERTO LIZA"

Juan Gabriel Cepeda Torres (1), Carlos Arturo Salas Rodríguez (2), Marco Antonio Tenelema Quitio (3), Juan Saavedra (4)
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación-FIEC,
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
(1) jjcepeda88@hotmail.com, (2) csalas1986@hotmail.com, (3) marcoantoniocsa@hotmail.com,
(4)jsaavedra@hidronacion.org

Resumen

El presente trabajo desarrolla el estudio de la coordinación de protecciones aplicados a la subestación de distribución "Puerto Liza". Partiendo primero desde la descripción de las instalaciones, para conocer los elementos que la componen; posteriormente, se realiza un análisis tanto de las características de carga y un estudio de cortocircuito de la subestación aplicados a la barra de 69kV y 13.8kV, esto nos servirá como datos preliminares para proceder a realizar el ajuste adecuado de las protecciones de la subestación y la coordinación de las mismas con las protecciones del sistema de distribución, mediante el uso de herramientas informáticas modernas conseguiremos la mejor opción en cuanto a coordinación de protecciones se refiere permitiéndonos aumentar la confiabilidad y funcionamiento del sistema ante eventuales condiciones de falla.

Palabras Claves: *Coordinación, Ajuste, Protección*

Abstract

This paper develops the study of the coordination of protections applied to the distribution substation "Puerto Liza". Starting first from the description of the facilities, to know the elements that compose it, later, an analysis of both the load characteristics and short-circuit study applied to the bar substation 69kV and 13.8kV, this will be useful as preliminary data to proceed with proper setting of the protection of the substation and coordinate them with the protections of the distribution system, by using modern tools will get the best option in terms of protection coordination refers allowing increase the reliability and performance of the system against possible fault conditions.

Key Words: *Coordination, Setting, Protection*

1. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

1.1 Introducción

En este capítulo detallaremos cada uno de los elementos y características de la subestación de puerto Liza así como su ubicación exacta en la ciudad de Guayaquil.

1.2 Descripción Física Generalizada de las Instalaciones.

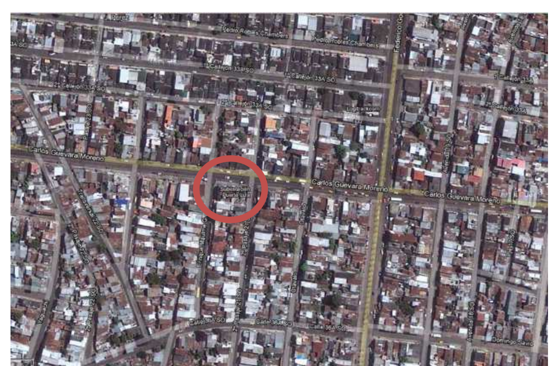


Figura 1. Ubicación de la S/E Puerto Liza (fuente: Google Maps).

El estudio a ser realizado será llevado a cabo en la Subestación de Distribución Puerto Liza. Esta subestación se encuentra ubicada en la ciudad de Guayaquil, en las calles Carlos Guevara Moreno y 2º Pasaje 21 SO (antiguamente 4 de noviembre y la 13ava), aproximadamente a 1km de una entrada del estero salado, siendo una subestación que alimenta un grupo moderado de usuarios residenciales al sur-oeste de la ciudad de Guayaquil.

En la Figura 2. se presenta un breve plano de lo que contiene las instalaciones que pertenecen a la subestación y la Tabla 1. se detalla en resumen los equipos que posee.

ITEM	EQUIPO	CANTIDAD
1	SECCIONADOR TRIPOLAR 69 KV MOTORIZADO CON P. TIERRA	1
2	PARARRAYOS 60 KV	3
3	AISLADOR TIPO ESTACION 69 KV	3
4	BREAKER GCB 69 KV TANQUE MUERTO	1
5	TRANSFORMADOR DE PODER 18/24 MVA	1
6	SECCIONADOR TRIPOLAR 15 KV 1200A	1
7	SECCIONADOR TRIPOLAR 15 KV 600A	3
8	SECCIONADOR MONOPOLAR 15KV 600A	18
9	RECONECTADOR 15 KV	3
10	RELE DE PROTECCION PARA TRANSFORMADOR	1
11	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Y POTENCIAL	6
12	MEDIDOR POLIFUNCIONAL	4
13	BANCO DE BATERIAS Y CARGADOR DE BATERIAS	1
14	RELE DE BAJA FRECUENCIA	1

Tabla 1. Elementos de la S/E de Puerto Liza.

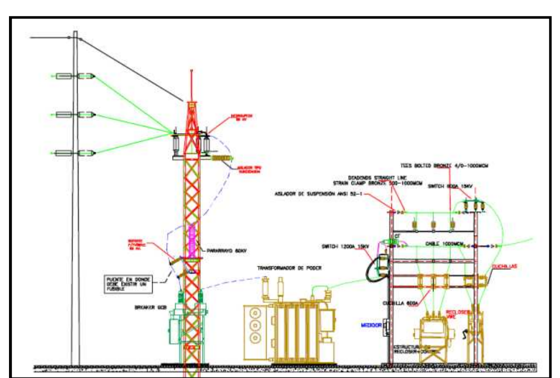


Figura 2. Diagrama físico de los componentes de instalación pertenecientes a la S/E Puerto Liza.

1.3 Descripción General del Sistema Eléctrico

En general, esta subestación se alimenta de una línea de Subtransmision a nivel de 69kV (denominado Subtransmision “CHAMBERS”) la cual viene desde la planta de generación eléctrica Álvaro Tinajero con un conductor calibre 477 MCM y cuya longitud aproximada es de 5km, en simple terna, tal y como se puede observar en la Figura 3.

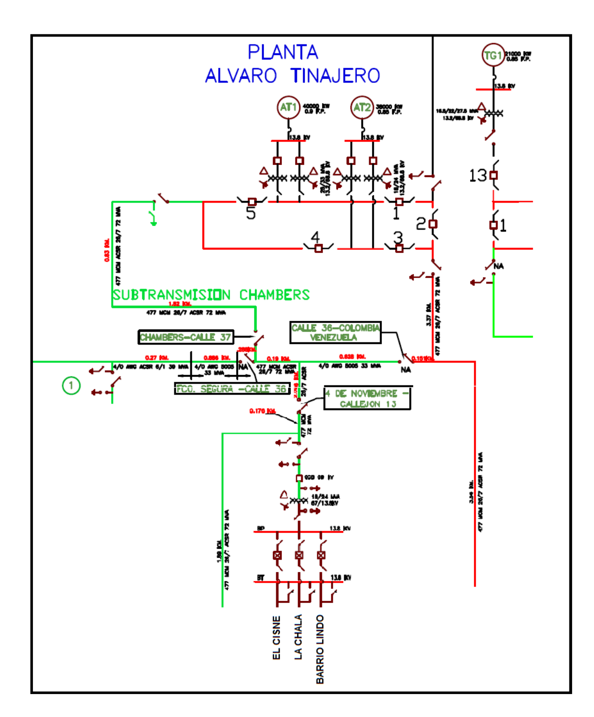


Figura 3 Subtransmision que alimenta a la S/E Puerto Liza.

1.4 Descripción Particular de la Subestación

1.4.1 Patio de 69KV

En las siguientes tablas se detallan las características de los elementos que componen el patio de 69kV.

DESCRIPCION	CANTIDAD
AISLADORES 69 KV TIPO POSTE PARA ESTRUCTURA TANGENTE	3
AISLADORES 69 KV TIPO SUSPENSIÓN	3
AISLADORES 69 KV DE RETENCION	3
GRAPA TERMINAL	3

Tabla 2. Aisladores y herrajes en patio de 69KV.

kVmáx	BIL [kV]	Icontinua [A]	Iinst [kA]
69	350	600	40

Tabla 3. Seccionador de aire con cuchillas de tierra.

FASE	MARCA	Id máx [kA]	Vnom [kV]	MCOV [kV]
A	ABB	32	60	48
B	ABB	32	60	48
C	ABB	32	60	48

Tabla 4. Interruptor en SF6 (GCB).

MARCA	TIPO	SERIE	BIL [kV]	Icontinua [A]	KVmáx	Iinterr max [kA]	AÑO FABR.
ABB	72 PM 40-20	B003894-11	350	2000	72,5	40	2003

Tabla 5. Pararrayos en estructura de 69KV.

1.4.2 Transformador de Potencia

El transformador de potencia de la subestación Puerto Liza presenta entre sus características más importantes.

ITEM	DESCRIPCION	DATO TECNICO
1	FABRICANTE	ABB
2	CAPACIDAD	18/24 MVA
3	TIPO/SERIE	TRCO/200075
4	REFRIGERACION	ONAN/ONAF
5	PAIS DE FABRICACION	COLOMBIA

Tabla 6. Datos del Transformador.



Figura 4 Transformador de la S/E Puerto Liza.

1.4.3 Patio de 13.8KV

Entre los elementos más importantes en el patio se encuentra los reconectadores automáticos de cada una de las alimentadoras de subestación Puerto Liza, a continuación un breve resumen.

ALIMENTADORA	MARCA	FORMA	SERIE
EL CISNE	COOPER	F6	CP57124046 6
LA CHALA	COOPER	F6	CP57124046 2
BARRIO LINDO	COOPER	F6	CP57123809 8

TABLA 7. Controles de los reconectadores de las alimentadoras.

2. ESTUDIO DE FLUJO DE CARGA

El Estudio de Flujo de Carga nos proporciona información sobre:

- ❖ Corriente del Sistema (I)
- ❖ Voltaje en las barras (V)
- ❖ Potencia Activa (P)
- ❖ Potencia Reactiva (Q)
- ❖ Factor de potencia (Fp)

Estos parámetros necesitan estar dentro de los rangos establecidos en los estándares y normas del sistema de distribución.

2.1 Introducción.

Haremos uso del software Power World Simulation 12.0 el cual nos permite hacer un estudio de un sistema de hasta 42 barras, suficiente para el estudio de la subestación Puerto Liza.

2.2 Criterios adoptados para el estudio

- ❖ <u>Flexibilidad Operacional.</u> El sistema podrá funcionar alimentado por la Empresa Eléctrica sin ninguna restricción lográndose esto a través de la Subestación Salitral por medio de la subtransmisión Chambers.

- ❖ <u>Niveles de Confiabilidad.</u> El sistema debe proveer la continuidad del servicio y la alimentación a las instalaciones de la Subestación Puerto Liza en forma prioritaria, ante la existencia de falla de un elemento del Sistema.

- ❖ <u>Niveles de sobrecarga.</u> No se aceptan sobrecarga en los cables del Sistema mayores a la cargabilidad establecida en las especificaciones técnicas de los mismos.
  Para el caso de los Transformadores Convencionales de Fuerza, la carga no debe exceder su capacidad OA (Sumergido en aceite con enfriamiento natural).

- ❖ <u>Regulación de Voltaje.</u> Los voltajes a nivel de barras del Sistema no deben exceder del 2.5% hacia arriba y 2.5% hacia abajo, ante cualquier contingencia operativa.

2.3 Flujo de Carga (Demanda máxima)

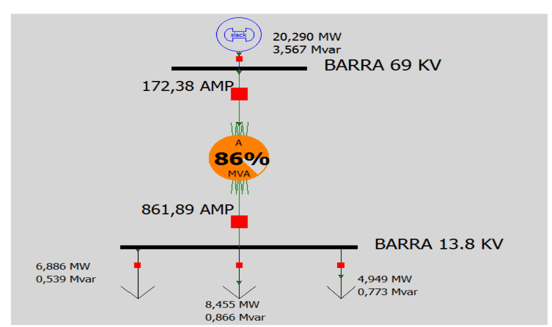


Figura 5. Flujo – Máxima Carga.

2.3.1 Voltajes y Carga en las barras (D. Max.)

NOMBRE	VOLTAJE KV	VOLTAJE P.U	ANGULO DE FASE
BARRA DE 69 KV	69	1	0
BARRA DE 13.8 KV	13.67	0.9906	-3.84

Tabla 8. Voltaje en barras para demanda máxima.

2.3.2 Consumo de Potencia total (D. Max.)

Nombre	MVA
BARRIO LINDO	6.90715
LA CHALA	8.49858
EL CISNE	5.00892

Tabla 9. Consumo para carga máxima.

Los parámetros tanto de caída de voltaje como cargabilidad de los conductores están dentro de los rangos permitidos en las normas técnicas de distribución.

2.4 Flujo de Carga (Demanda mínima)

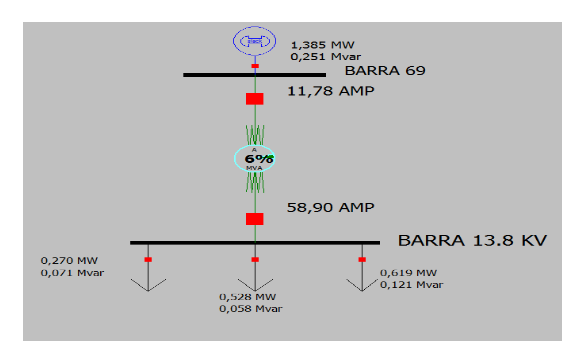


Figura 6. Flujo–Mínima Carga.

2.4.1 Voltajes y Carga en las barras (D. Mín.)

NOMBRE	VOLTAJE KV	VOLTAJE P.U	ANGULO DE FASE
BARRA DE 69 KV	69	1	0
BARRA DE 13.8 KV	13.97	0.9992	-0.26

Tabla 10. Voltaje en barras para demanda mínima.

2.4.2 Consumo de Potencia total (D. Min.)

Nombre	MVA
BARRIO LINDO	0.28
LA CHALA	0.53
EL CISNE	0.63

Tabla 11. Consumo para carga mínima.

Como se puede apreciar para el caso de demanda mínima la caída de voltaje en los conductores es mínima y la cargabilidad de los conductores también está dentro de los rangos establecidos en las normas técnicas de distribución.

3. ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO.

3.1 Introducción.

En el análisis de corto circuito, las fallas del sistema se manifiestan como condiciones anormales de operación que nos podrían conducir a uno de los siguientes fenómenos:

- Indeseables flujos de Corrientes.
- Presencia de Corrientes de magnitudes exageradas que podrían dañar los equipos.
- Caída de Voltaje en la vecindad de la falla que puede afectar adversamente la operación de las maquinas rotatorias.
- Creación de condiciones peligrosas para la seguridad del personal.

3.2 Datos del Sistema

3.2.1 Impedancia Equivalente-Punto de Entrega de la Empresa Eléctrica

IMPED.	R(pu)	X(pu)	R+jX [Ω]	X/R
POSITIVA	0.0150 191	0.07072 67	0.7151 + j3.3676	4.7091
NEGATIVA	0.0150 191	0.07072 67	0.7151 + j3.3673	4.7091
CERO	0.3059 88	0.24028 23	1.4568 +j11.4398	7.8527

Tabla 12. Impedancia Equivalente para máxima generación 69KV.

IMPED.	R(pu)	X(pu)	R+jX [Ω]	X/R
POSITIVA	0.0181688	0.0992805	0.0865 + j4.7267	5.4643
NEGATIVA	0.0181688	0.0992805	0.0865 + j4.7267	5.4643
CERO	0.0305988	0.2402823	1.4568 + j11.4398	7.8527

Tabla 13. Impedancia Equivalente para mínima generación 69KV.

3.2.2 Datos de conductores.

Los conductores son elementos pasivos en el análisis de cortocircuito, por lo que sus características técnicas son similares a las aplicadas en los estudios de flujo de carga.

3.2.3 Datos del transformador.

Igual que en el caso de los conductores los transformadores son elementos pasivos en el análisis de cortocircuito, sus características técnicas son análogas a las utilizadas en los estudios de flujo de carga.

3.3 Resultados del Estudio de Corto Circuito.

3.3.1 Corriente de falla en cada Barra para máxima Generación.

TIPO FALLA	I_{cc}(Amp)	I_{cc}(p.u)	Ángulo	Voltaje Fase A (p.u.)	Voltaje Fase B (p.u.)	Voltaje Fase C (p.u.)
LLL	11572,00	13,830	-78,01	0,00∟0º	0,00∟0º	0,00∟0º
L-G	6494,2954	7,780	-80,69	0,00∟0º	1,30∟-136,3º	1,26∟138,5º
LL	10021,6484	12,045	-167,22	1,00∟0º	0,50∟180º	0,50∟180º
LL-G	10429,045	12,09	25,22	1,30∟0,61º	0,00∟0º	0,00∟0º

Tabla 14. Corriente de cortocircuito y voltajes para máxima generación 69KV.

TIPO FALLA	I_{cc}(Amp)	I_{cc}(p.u)	Ángulo	Voltaje Fase A (p.u.)	Voltaje Fase B (p.u.)	Voltaje Fase C (p.u.)
LLL	10504,8467	2,525	-87,05	0,00∟0º	0,00∟0º	0,00∟0º
L-G	11170,3085	2,677	-89,05	0,00∟0º	0,995∟-119,8º	0,93∟114,14º
LL	9097,48535	2,187	-177,05	0,99∟-3,84º	0,495∟176,1º	0,495∟176,1º
LL-G	10993,333	2,844	88,70	0,93∟-1,30º	0,00∟0º	0,00∟0º

Tabla 15. Corriente de cortocircuito y voltajes para máxima generación 13.8KV.

3.3.2 Corriente de falla en cada Barra para mínima Generación.

TIPO FALLA	$I_{cc}(Amp)$	$I_{cc}(p.u)$	Ángulo	Voltaje Fase A (p.u.)	Voltaje Fase B (p.u.)	Voltaje Fase C (p.u.)
LLL	8290,348	9,908	-79,63	0,00∟0º	0,00∟0º	0,00∟0º
L-G	5654,675	6,760	-81,29	0,00∟0º	1,207∟-132,7º	1,177∟134,1º
LL	7179,654	8,585	-169,55	1,00∟0º	0,50∟180º	0,50∟180º
LL-G	7584,9199	9,065	27,33	1,24∟0,55º	0,00∟0º	0,00∟0º

Tabla 16. Corriente de cortocircuito y voltajes para mínima Generación 69KV.

TIPO FALLA	$I_{cc}(Amp)$	$I_{cc}(p.u)$	Ángulo	Voltaje Fase A (p.u.)	Voltaje Fase B (p.u.)	Voltaje Fase C (p.u.)
LLL	9799,778	2,364	-87,46	0,00∟0º	0,00∟0º	0,00∟0º
L-G	10628,677	2,565	-88,24	0,00∟0º	0,972∟-115,5º	0,94∟115,7º
LL	8486,877	2,048	-177,46	0,999∟-0,26º	0,499∟179,7º	0,499∟179,7º
LL-G	10404,570	2,803	90,84	0,907∟0,84º	0,00∟0º	0,00∟0º

Tabla 17. Corriente de cortocircuito y voltajes para mínima generación 13.8KV.

4. PROTECCION DE LA SUBESTACION DE DISTRIBUCION

Las subestaciones forman parte indispensable de los sistemas eléctricos de potencia pues son centros de transformación de energía que enlazan las líneas eléctricas de alta tensión con las líneas de media tensión o viceversa, dependiendo del tipo de subestación que se esté analizando, ya que una subestación es un conjunto de aparatos de maniobra y circuitos instalados en un lugar determinado que tienen la función de modificar los parámetros de potencia eléctrica (tensión y corriente).

4.1 Esquema de Protección

La protección de la S/E Puerto Liza comprende el relé TPU 2000R que sirve para proteger tanto la red primaria y secundaria del transformador así como el sistema eléctrico aguas arribas del transformador ante una eventual falla del mismo.

Dentro de las características del relé, éste abarca los siguientes tipos de protecciones:

- ❖ Protección diferencial de fase (87T) e instantáneo sin restricción (87H) para dos o tres devanados.
- ❖ Protección contra sobrecorriente de secuencia negativa (46) a tiempo inverso y definido.
- ❖ Protección de sobrecorriente de fase instantáneo y a tiempo inverso (50/51) por devanado.
- ❖ Protección de sobrecorriente de neutro del transformador instantáneo y temporizado (50N/51N)

4.2 Ajuste de la Protección del Transformador de Potencia

El transformador de Puerto Liza fue diseñado y construido bajo la norma ANSI/IEEE C57.12 dentro de la cual se tipifica a este transformador como de categoría III ya que es un transformador trifásico y capacidad mínima 18MVA. A continuación se muestra un resumen del ajuste de la protección 87.

RELÉ ABB TPU-2000R	
Transformador	
Marca	ABB
Capacidad ONAN	18 MVA
Capacidad ONAF	24 MVA
Lado de Alta Tensión	
Conexión del transformador	Delta
Corriente nominal en alta	200,82 [A]
Relación de CT	600:5
Conexión secundarios de CT's	Estrella
Corriente en secundario CT	1,6735 [A]
Ajuste del tap 87T-1	2 [A]
Lado de Baja Tensión	
Conexión del transformador	Estrella
Corriente nominal en alta	1004,09 [A]
Relación de CT	1200:5
Conexión secundarios de CT's	Estrella

Corriente en secundario CT	4,1837 [A]
Ajuste del tap 87T-2	8,7 [A]
Parámetros de Error	
Error por regulación de TAP's	10%
Error de los CT's	10%
Mismatch	0,4785%
Ajustes	
Mínima corriente de operación	0,3 [p.u.]
Pendiente	30%
Restricción de armónicas	15%
Bloqueo de armónicas	Todas
Ajuste del 87H	5 [p.u.]

Tabla 18. Resumen de Ajuste de la Protección 87.

5. COORDINACIÓN DE LAS PROTECCIONES

Para el estudio de la coordinación de las protecciones nos basaremos en el software CYMTCC 4.5 Rev. 13 que nos permite realizar estudios de protecciones contra sobrecorrientes en redes industriales, comerciales y de distribución eléctrica. El software cuenta con una extensa base de datos que contienes muchos dispositivos de protección de diferentes fabricantes.

5.1 Protección del Sistema de Distribución

Para los diferentes ajustes que se realizaron en este capítulo es de vital importancia los valores obtenidos en el estudio de flujo de carga y corto circuito como son las corrientes de fallas tanto máximas y mínimas así como también conocer los valores nominales de corriente de cada alimentadora.

5.1.1 Zonas de Protección en el Sistema de Distribución

La subestación de Puerto Liza actualmente cuenta solo con 3 alimentadoras que son La Chala, El Cisne y Barrio Lindo. También posee lugar para una cuarta alimentadora para expansiones a futuro. A excepción de las otras alimentadoras, la alimentadora de El Cisne si posee fusibles en la troncal principal

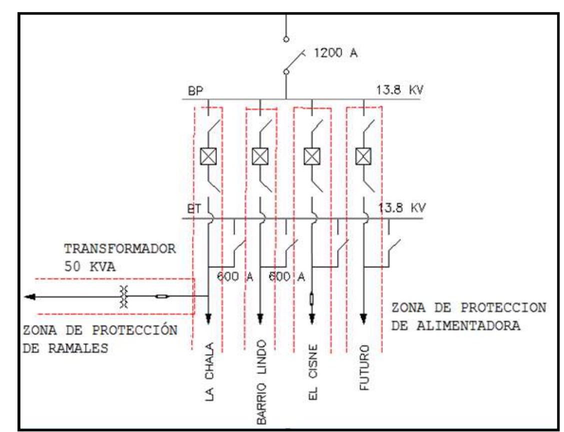


Figura 7. Zonas de protección en sistema de distribución.

5.2 Elementos de protección del Sistema de Distribución

5.2.1 Fusibles

Se debe tener en cuenta que en condiciones transitorias (inrush de transformadores, corriente de arranque de motores de inducción, etc.) y condiciones permanente de carga de transformadores (con posibles variaciones de hasta 200% de capacidad en los bancos auto enfriados), el transformador no sufre daño y por lo tanto el fusible debe permitir fluctuación con un margen de seguridad.

5.2.2 Reconectadores

La protección del circuito secundario de la subestación, en el arranque de las líneas de 13.8kV, se la realiza utilizando el controlador COOPER Forma 6 que es un equipo digital orientado para la administración de un reconectador Cooper VWE (control electrónico) cuya corriente continua es de 560[A], su capacidad de interrupción es de 12[kA].

5.3 Coordinación de las Protecciones del Sistema de Distribución

5.3.1 Coordinación de Fusibles

Debido a que la mayor parte del sistema de distribución están protegidos por fusible en los ramales monofásicos estos fusibles son de valor pequeño y por ende el calibre del fusible va ser muy pequeño y estos quedaran por debajo de la curva rápida del reconectador.

Estos elementos de protección quedaran coordinados entre fusible siempre y cuando el fusible mayor esté por encima de las curvas de los otros fusibles.

Los fusibles más comunes que posee el sistema de distribución de puerto liza son los siguientes:

10T (Para un transformador de 50kva),

6T (Para un transformador de 25kva), que son los transformadores más usados en los ramales de las alimentadoras de la subestación Puerto Liza.

5.3.2 Coordinación Reconectador-Fusibles

5.3.2.1 Alimentadora El Cisne

Para la coordinación entre reconectador - fusible utilizaremos un fusible de 100K, y se hará la coordinación ya que este fusible se encuentra casi en la mitad de la troncal, la razón de su existencia es debido a que la zona aguas abajo del fusible es una zona muy conflictiva y muy propensa a fallas a lo largo del año.

- ❖ La curva rápida corresponde a una 115, con este parámetros aseguramos que la curva rápida del reconectador no opere antes que la curva máxima de fusión del fusible para los casos de corriente de cortocircuito desde el punto de aplicación del fusible en la troncal y aguas abajo del mismo.
- ❖ La curva lenta corresponde a una 164, la elección de esta curva permite mantener una buena coordinación.

Abajo se realiza la coordinación entre fusible y el reconectador de la alimentadora El Cisne.

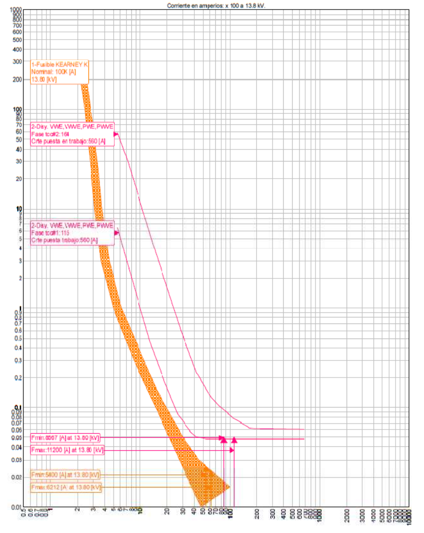


Figura 8. Curva de Coordinación entre Reconectador y Fusible (El Cisne).

5.3.2.2 Alimentadora La Chala-Barrio Lindo

- ❖ La curva rápida corresponde a una 107, con esto se realiza con el propósito que de interrumpir la corriente de falla y que el tiempo de operación del reconectador sea mayor que el tiempo de fusión del fusible mayor encontrado a lo largo de nuestra alimentadora
- ❖ La curva lenta corresponde a una 132, lo que permite mantener una buena coordinación.

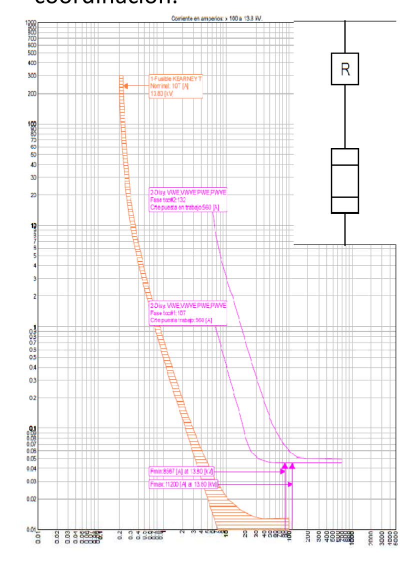


Figura 9. Curva de Coordinación entre Reconectador y Fusible (La Chala-Barrio Lindo).

Como se puede observar en la Figura 9 la curva del fusible mayor a lo largo de la alimentadora quedara por debajo de la curva rápida del reconectador, esta característica nos indica que todos los fusibles van a quedar coordinados entre sí, en el caso de haber una falla en una zona de protección de los ramales el primer elemento en operar será el fusible dando selectividad al sistema.

5.4 Resultados de la Coordinación

En la Figura 10 se muestran los resultados de la coordinación de las protecciones de fase en la alimentadora El Cisne.

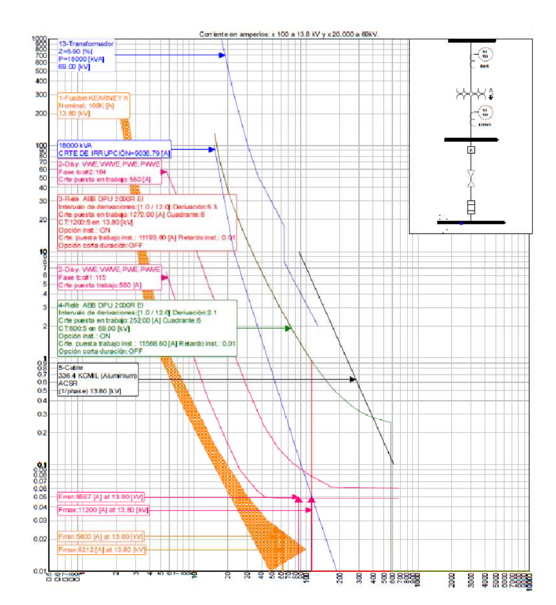


Figura 10. Curva de Protecciones Alimentadora El Cisne.

Se puede observar que para cualquier falla en uno de los ramales o transformadores, primero operan los respectivos fusibles, así, la sección fuera de servicio, debido a una contingencia, es la menor posible.

El reconectador opera para fallas que ocurren en la zona entre el grupo de fusibles que están en la mitad de la troncal y hasta la posición del arranque de la alimentadora o como respaldo de algún fusible de menor capacidad.

De igual forma, para cualquier corriente de falla a lo largo de la troncal de la alimentadora, tanto la curva rápida como lenta se encuentra por debajo de la curva de daño del conductor de la troncal preservando la integridad del mismo y obviamente el transformador.

La curva de la función 51 del relé aplicado en el secundario del transformador está por debajo de su respectiva curva de daño térmico; en cambio, la curva de la función 51 del relé aplicado en el primario del transformador está por encima de la curva de energización estándar del transformador, las dos curvas coinciden en tiempo de operación puesto que ambos actúan sobre el mismo elemento de desconexión.

En la Figura 11, debido a las características similares de la alimentadora La Chala y Barrio Lindo se puede realizar una sola curva de coordinación de las protecciones para las dos alimentadoras.

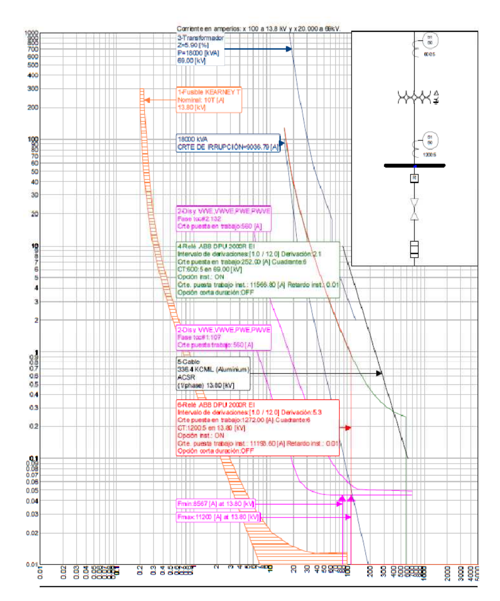


Figura 11. Curva de Protecciones Alimentadora La Chala-Barrio Lindo.

En este caso observamos que se usa fusibles tipo T de operación lenta para que actúen dentro del rango de corrientes de cortocircuito establecidos en la Figura 9 para los elementos de protección que están más cerca de la subestación, coincidentemente estos fusibles protegen a transformadores con la mayor capacidad a lo largo de ambas alimentadoras.

Al igual que en el caso anterior, se observa que para cualquier falla en uno de los ramales o transformadores, primero operan los respectivos fusibles, así, la sección fuera de servicio, debido a una contingencia, queda confinada a la menor posible.

La protección del reconectador es provista en todas sus operaciones por debajo de la curva de daño del conductor de la troncal.

Se mantiene la condición establecida para la función 51 del relé de protección electrónico de la subestación.

En cuanto a las protecciones instantáneas (50) del relé, estas operan para las corrientes máximas de falla en el lado de 13,8kV como de 69kV, todo en función del lado en donde se aplica la respectiva protección.

5.5 Resumen de Ajuste

Tipo	KV LL	I nominal	CT	CT FAC	FAC	I aj. sec	I aj. prim	Tipo Curva	TD
87-T	-	200,82 1004,1	600/5 1200/5	120 240	1 1,7	2 8,7	252 2184	INST	-
87-H	-	151,2	600/5	120	8	10,1	1206	-	-
51-P-1	69	200,82	600/5	120	1,3	2,1	264	E.I.	6
51-P-2	13,8	1004,1	1200/5	240	1,3	5,3	1296	E.I.	6
50-P-1	69	200,82	600/5	120	1	96,4	2851	INST	-
50-P-2	13,8	1004,1	1200/5	240	1	46,7	13867	INST	-
51-G-2	13,8	120	600/5	120	0,1	1	120	E.I	1,5
46-1	69	200,82	600/5	120	0,6	1	120	INV	2
46-2	13,8	1004,1	1200/5	240	0,6	2,4	576	INV	1,3
REC-Barrio Lindo-R	13,8	350	1000/5	200	1	2,8	560	107	1
REC-Barrio Lindo-L	13,8	350	1000/5	200	1	2,8	560	132	1
REC-La Chala-R	13,8	350	1000/5	200	1	2,8	560	107	1
REC-La Chala-L	13,8	350	1000/5	200	1	2,8	560	132	1
REC-El Cisne-R	13,8	350	1000/6	200	1	2,8	560	115	1
REC-El Cisne-L	13,8	350	1000/7	200	1	2,8	560	164	1

Tabla 19. Resumen de Ajuste.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La pudo concluir por medio del análisis del Flujo de Carga que los voltajes en las barras no exceden los valores preestablecidos por los criterios adoptados para este estudio.
- Otro criterio que se puede observar del Flujo de Carga es que los cables no están trabajando en sobrecarga bajo la condición de demanda máxima.
- El transformador de fuerza de la Subestación Puerto Liza está cargado en 86% de su capacidad y no supera el límite permitido de su capacidad ONAN.
- El mayor consumo que presentaron las alimentadoras de la subestación Puerto Liza es 20.28962 MW siendo la alimentadora La Chala la que mayor demanda presento con 8.45462 MW.
- En general el estudio del Flujo de Carga nos permitió verificar que la Subestación Puerto Liza está funcionando bajo los requerimientos y criterios establecidos en el presente estudio.
- La corriente de falla trifásica de 11570[A] en el lado del primario es bastante elevada en comparación con la de las otras subestaciones tomadas como referencia. El principal motivo es que la Subestación Puerto Liza es alimentado a través de la línea de subtransmisión Chambers, cuya distancia de la planta de Generación Álvaro Tinajero a la Subestación Puerto Liza es de aproximadamente a 5km causando que la impedancia que amortigua la falla sea un valor bajo.
- Se ha determinado a través del estudio de Corto Circuito los valores máximos y mínimos, tanto en el lado de 69 KV así como en el lado de 13.8 KV, los cuales son de vital importancia para coordinar los diferentes equipos del sistema de protección así como el ajuste de cada uno de los elementos de la subestación Puerto Liza.
- Las corrientes de cortocircuito han sido calculadas considerando los estándares de la IEEE aplicables para el cálculo de falla. Standard IEEE Std C37.010-1979, IEEE Std C37.5-1979, IEEE Std 141-1993, IEEE Std 241-1990, and IEEE Std 242-1986.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar un adecuado estudio de rechazo de carga por baja frecuencia para el ajuste de la función 81, puesto que esta protección una vez que es llamada a actuar desconecta todas las alimentadoras.

- Como se observó en el capítulo 4, según el manual del relé ABB, se debe analizar qué medidas tomar para el problema que

presenta el convertidor analógico digital para el caso de falla máxima dentro de la zona de actuación de la función diferencial.

- ❖ Analizar la probabilidad de reemplazar el grupo de fusibles ubicados aproximadamente a mitad de la troncal "El cisne por un intellirupter el cual resultará ser una mejor opción para evitar cortes prolongados de energía.

- ❖ La EEPG debería hacer un levantamiento exhaustivo de los elementos de protección ubicados en los diferentes puntos de las alimentadoras.

- ❖ Se recomienda el uso de fusibles de protección de actuación lenta, por ejemplo tipo T, en los ramales más cercanos a la subestación para que puedan coordinar de mejor manera con los otros fusibles aguas debajo de la subestación.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ❖ [1] CORPORACIÓN PARA LA ADMINISTRACIÓN ELÉCTRICA DE GUAYAQUIL-CATEG, NORMAS PARA APROBACIÓN DE PROYECTOS ELÉCTRICOS DE URBANIZACIONES DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL, OCTUBRE DEL 2008.

- ❖ [2] JOHN J. GRAINGER Y WILLIAM D. STEVENSON, ANÁLISIS DE SISTEMAS DE POTENCIA, TERCERA EDICION.

- ❖ [3] J. LEWIS BLACKBURN, PROTECTIVE RELAYING: PRINCIPLES AND APPLICATIONS, TERCERA EDICIÓN.

- ❖ [4] ABB, MANUAL DE INSTRUCCIONES, UNIDAD DE PROTECCION DE TRANSFORMADORES, TPU 2000R

- ❖ [5] COOPER, ELECTRICAL DISTRIBUTION SYSTEM PROTECTION.

- ❖ [6] IEEE Std.C37.42-1989 , IEEE STANDARD SPECIFICATIONS FOR HIGH-VOLTAGE (> 1000 V) EXPULSION-TYPE DISTRIBUTION-CLASS FUSES, FUSE AND DISCONNECTING CUTOUTS, FUSE DISCONNECTING SWITCHES, AND FUSE LINKS, AND ACCESSORIES USED WITH THESE DEVICES.

- ❖ [7] IEEE Std. C37.91.2000, IEEE GUIDE FOR PROTECTING POWER TRANSFORMERS.

- ❖ [8] IEEE Std. C57.13.1993, IEEE GUIDE STANDARD REQUIREMENTS FOR INSTRUMENT TRANSFORMERS.

- ❖ [9] IEEE Std.C57.12.2010, IEEE STANDARD GENERAL REQUIREMENTS FOR LIQUID-IMMERSED DISTRIBUTION, POWER, AND REGULATING TRANSFORMERS.

- ❖ [10] IEEE Std. C57.109.1993, IEEE GUIDE FOR LIQUID-IMMERSED TRANSFORMER THROUGH-FAULT-CURRENT DURATION.

- ❖ [11] IEEE Std. C37.2.1996, IEEE STANDARD ELECTRICAL POWER SYSTEM DEVICE FUNCTION.

- ❖ [12] ABB, CIRCUIT SHIELD TYPE 81 CATALOGO SERIE 422: MANUAL DE INSTRUCCIONES IB 7.4.1.7-5.

- ❖ SOFTWARE POWER WORLD SIMULATION 12.0.

- ❖ SOFTWARE CYMTCC 4.5 REV. 13.